

免震ダンパー接続型付加減衰機構の開発 (その1)

免震構造 ダンパー 付加減衰 変位応答

1. 増大する地震動レベルと免震構造

東日本大震災では、複数の震源域が連動し M9.0 の巨大地震となった。今後発生が懸念される南海トラフの地震でも、震源域の連動により現在想定を上回る地震規模となる可能性が指摘されている。また震災以前から、地震動研究分野の進歩にともない、地域によっては告示波を上回るような予測波が、様々な機関より提示されてきた (図1)。これらの地震動を受けた場合、建設地と震源の関係性、地盤の特性によっては、現在の設計で想定されている以上の免震変形が生じる可能性は否定できない。告示レベルを大きく上回るような入力が予測される場合、新設および既設の免震構造がどう対処していくかの一考察として、ダンパー接続型付加減衰機構を提案する。

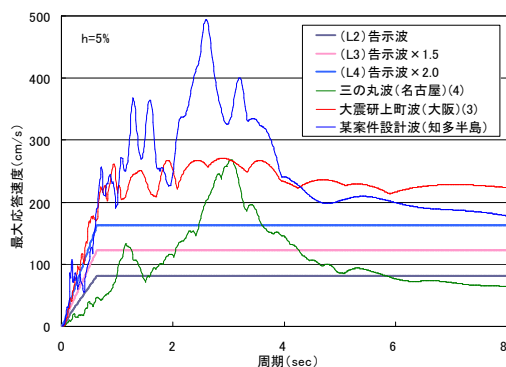


図1. 告示波と各種模擬波の疑似速度応答スペクトル

2. ダンパー接続型付加減衰機構開発の意図

免震構造への過大入力問題に対しては、擁壁への衝突評価と衝撃緩和に関するもの⁽¹⁾や、応答変位に応じてダンパー自体の減衰を切り替えるもの⁽²⁾などが既に報告されている。一般的に免震層の変形制御手法として、減衰を高めることが考えられるが、告示より大きなレベルの地震動に対し減衰量を定めると、告示レベルの地震動に対しては、上部構造の応答増大が懸念される。そこで、告示レベルまでは減衰力を発揮せず、告示を上回る地震時のみ高い減衰を付加するような機構が合理的である。

本開発では、免震ダンパーにはいっさい手を加えず、接合部にダンパーの減衰発揮時点をずらすスイッチ機構を接続することで、巨大地震をターゲットとした付加減衰機構とする方針とした。これによりコストを抑え、シンプルでパッシブな機構を実現し、かつ様々なダンパーに適用できる汎用性が高いものとするを意図した。

開発意図とモデルケーススタディー

正会員 ○安田 拓矢*1 正会員 森高 英夫*1
正会員 築谷 朋也*1 正会員 福和 伸夫*2

3. ダンパー接続型付加減衰機構の概要とモデル化

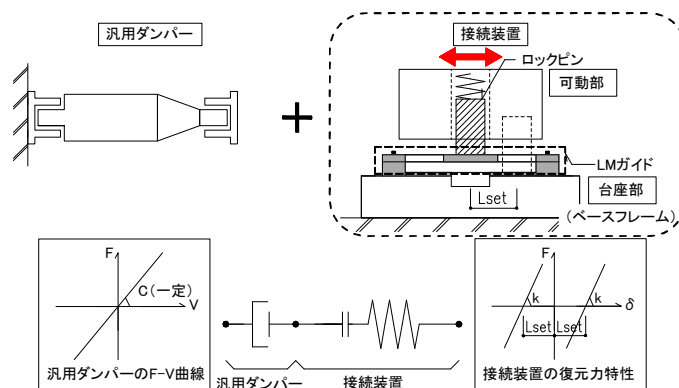


図2. ダンパー接続型付加減衰機構とモデル化

ダンパーに接続する装置概要を図2に示す。ダンパーを接続する可動部と下部躯体に緊結する台座部で構成され、両者を LM ガイドで結合する。LM ガイドにより、可動部はダンパー方向にスライドし、ダンパーは減衰力を発揮しない。また可動部にはバネで下方方向に押し付けられたロックピンを備え、設定変位 (Lset) に設けた孔に達するとロックピンが落ちて可動部の水平変位をロックする。これにより免震層変位が設定変位 (Lset) を超えると、ダンパーは減衰力を発揮し始めるシンプルな機構である。

設計の応答解析時においても、このシンプルな接続機構をそのまま直列にしたモデルとすることで、既往のダンパーの復元力特性をそのまま利用できる。

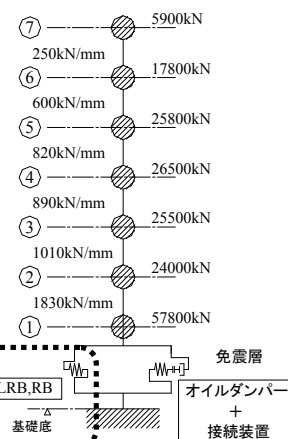
4. モデル建物におけるスタディ

CASE1 (黒)	ベース免震モデル
CASE2 (赤)	ベース免震モデル + 接続装置付き オイルダンパー4台
CASE3 (青)	ベース免震モデル + オイルダンパー4台

※オイルダンパーは1000KNタイプ

図3 モデル建物と免震パラメータ

図3のモデル建物を用いて、ダンパー接続型付加減衰機構を有する免震構造に関しケーススタディを行う。モデル建物は中層鉄骨建物想定 (6 階建、 $T_1=1.0\text{Sec}$) で線形の



質点モデルとし、免震層のパラメータは CASE 1 ～CASE3 の 3 ケースとした (図 3)。CASE1 は、ベースとなる免震層想定で、LRB、RB のみで構成され、免震周期は 4.7 秒 (γ 200) で、告示レベル (L2) での最大変形 40 cm 程度である。そこで CASE2 の接続装置は 40 cm で水平変形がロックされる設定とした。検討地震波は、工学基盤相当の告示波 (L1,L2) を基本とし、告示波を超えるレベル設定は、告示波 \times 1.5 (L3)、告示波 \times 2.0 (L4) とした。また位相特性は JMA 神戸と八戸の 2 種類とした。

5. モデル建物応答解析結果

【免震層変形 (図 4)】ロック変位 (40 cm) 以下の L1,L2 は CASE1,2 で同じ最大変形となるが、L3,L4 と地震動レベルが大きくなるほど CASE2 の免震層の変形制御効果は大きく、CASE3 と同程度まで最大変形を抑えられる。

【上部構造応答 (図 5)】ロック後の CASE2 の L3,L4 では、ダンパーなしの CASE1 よりやや応答増大が見られるが、極端に大きくならない。CASE3 の L2 では、神戸位相で応答増大が見られるが、八戸位相では逆転している。

【免震層変形時刻歴 (図 6)】CASE2 はロック変位 (40 cm) までは CASE1 の応答、ロック変位経験後は CASE3 の応答と同じとなることが時刻歴でも確認できる。

【CASE2 エネルギー時刻歴 (図 7)】L2 は、ほぼ免震支承材 (RB,LRB) によるエネルギー吸収であるが、ロック後の L4 では、ダンパーのエネルギー吸収率が大きく上昇している。本装置はダンパー単体の減衰を変えるものではないが、免震層としての可変減衰と捉えることもできる。

6. まとめと今後の展開

- ・シンプルなスイッチ機構を汎用ダンパーに接続し、比較的簡便な過大地震時の付加減衰機構を提案した。
- ・当該付加減衰機構は、設定により L2 を超える地震動レベルにのみ作用し、レベルが大きいくほど免震層の変形を抑え、上部構造の応答も極端に大きくならないことを示した。続報にて当該装置作動実験の結果を示す。
- ・告示レベルより相当大きな地震が想定される新築免震建物や、既存免震建物に対する免震層の過大変形対策として特に有効であると考えられる。
- ・当該付加減衰機構によって、免震層の変形は確実に抑えられるが、上部構造の応答については、適用ケースの上部構造型状、免震層の減衰構成、地震波特性などによって見極めが必要である。

【参考文献】

- (1) 佐野、勝俣、林等；実大免震建物の擁壁への衝突実験 (その 1) ～ (その 5) 建築学会大会学術講演梗概集 (北陸) (2010.9)
- (2) 田部井、堀、井上；性能可変オイルダンパーの開発および免震構造物への適用性；建築学会構造系論文集, Vol.74 NO636,259-266 (2009.2) ほか
- (3) 大阪府域直下型地震に対する設計用地震動および耐震設計法に関する研究会 (2011.7) 【ゾーン A4】レベル 3C フラットタイプ地震動 EW
- (4) (財) 愛知県建築住宅センター、愛知県設計用入力地震動研究協議会

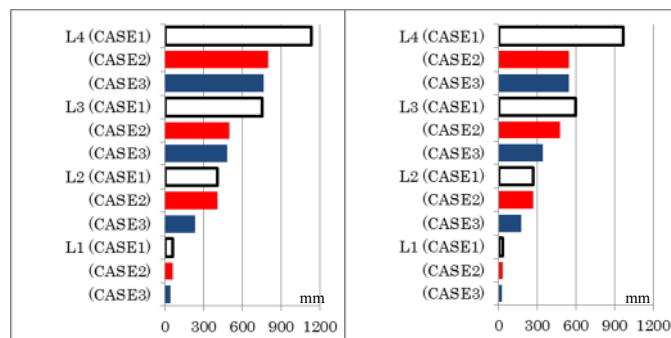


図 4 免震最大応答変形 (左；神戸位相 右；八戸位相)

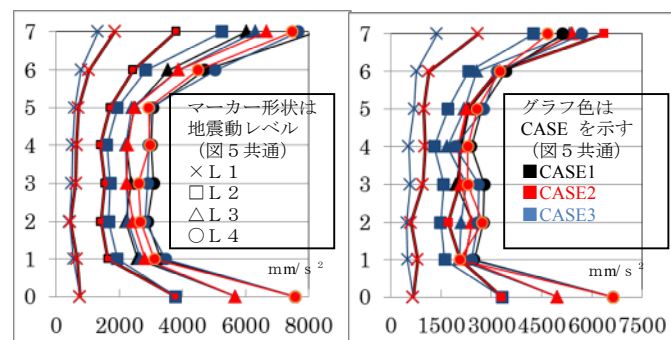


図 5 最大応答加速度 (左；神戸位相 右；八戸位相)

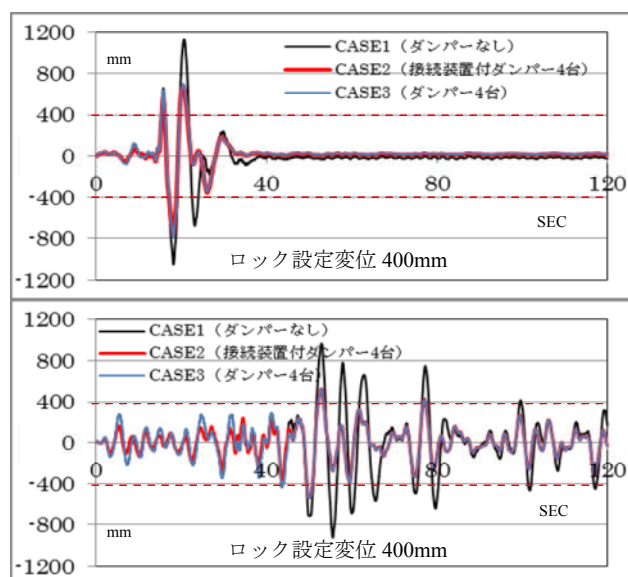


図 6 免震変形時刻歴(L4) (上；神戸位相 下；八戸位相)

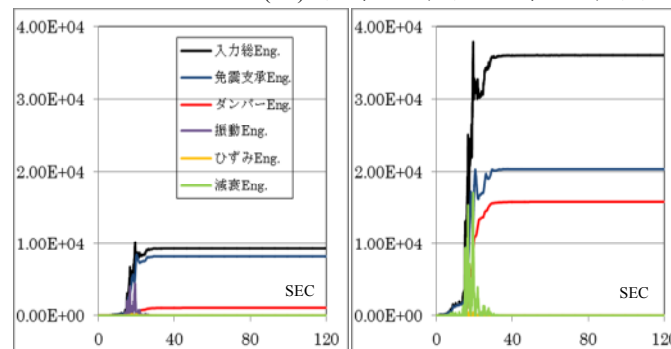


図 7 CASE2 エネルギー時刻歴 神戸位相 (左;L2 右;L4)

*1 安井建築設計事務所

*2 名古屋大学大学院 教授・工博

*1 Yasui Architects & Engineers, INC

*2 Professor, Graduate School, Nagoya University, Dr. Eng.